

UMA ESTRUTURA CONCEITUAL PARA ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS ESPACIAIS EM GEOPROCESSAMENTO

A CONCEPTUAL FRAMEWORK FOR ANALYSIS AND SOLUTION OF SPATIAL PROBLEMS IN GEOPROCESSING FIELD

Sílvia Luís Rafaeli Neto¹

RESUMO

Grande parte dos artigos técnicos na área de Geoprocessamento publicados no Brasil se dedicam a relatar métodos, técnicas e tecnologias para se lidar com dados geográficos. Muitos focalizam sobre aspectos práticos da utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), como mecanismo de manipulação e análise da informação, associados a relato de casos. Poucos relacionam o verdadeiro papel destas tecnologias, que é auxiliar tomadas de decisões. Decisão finaliza um processo circunstanciado pelo tipo de problema a ser resolvido, pelas características intrínsecas da parcela do mundo real onde ocorre, pela organização da qual o decisor faz parte, pelo ambiente social, pelo conhecimento disponível e pelas tecnologias de suporte. Este artigo inclui reflexões realizadas com intuito de buscar subsídios científicos e contribuir com a teoria no campo do Geoprocessamento. O trabalho focaliza aplicações ambientais, apresentando conceitos necessários a estudantes e pesquisadores e propõe classificações para problemas espaciais e para decisores.

PALAVRAS-CHAVE: Geoprocessamento, Decisão, Sistema de Apoio à Decisão Espacial, SADE, SIG, Problema Espacial, Sistema Geográfico.

SUMMARY

Numerous articles in Geoprocessing field and published in Brazil have been dedicated to explain methods, techniques and technologies to deal with geographic data. Many of them have focused on practical issues of Geographic Information System (GIS). Usually GIS is presented as manipulation and analysis tool in reported cases. Few of them have connected the true role of technology: to support decision. Decision ends a process surrounded by diverse variables: class of the problem, intrinsic characteristics of the real world parcel in which the problem occurs, organization, societal environment, available knowledge and technologies. This article include studies carried out with the aim to find out scientific support and contributions to Geoprocessing theory. Significant and essential concepts focusing on environmental applications for students and scientists, are presented. A taxonomy of spatial problems and decision-makers are proposed.

KEY WORDS: Geoprocessing, Decision, Spatial Decision Support System, SDSS, GIS, Spatial Problem, Geographic System.

INTRODUÇÃO

Geoprocessamento não se trata de uma

¹ Professor Doutor, Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC, Av. Luis de Camões, 2090, CP 281, 88520-000, Lages, SC, silvion@cav.udesc.br.

Ciência, mas o termo cunha um conjunto de métodos, técnicas e tecnologias para coletar, tratar, armazenar, manipular, analisar e apresentar dados geográficos. Em Geoprocessamento, os problemas tendem a ser novos, grandes, complexos e mal estruturados, conforme variáveis de natureza geográfica, técnica, organizacional, social e temporal (HENDRIKS e VRIENS, 1995). Diante deste cenário, o tomador de decisões, ou decisor, normalmente possui capacidades cognitivas limitadas, pode sucumbir diante de uma variedade de tendências e pode não alcançar uma solução singular que satisfaça interesses distintos (EIRMAN, NIEDERMAN e ADAMS, 1995).

As abordagens da teoria no campo do Geoprocessamento exploram diversos aspectos basilares, mas freqüentemente se esquecem da principal razão de sua existência: a solução de problemas. Este artigo almeja contribuir com a teoria em Geoprocessamento, buscando conceitos nas áreas de Teoria de Sistemas, Teoria da Decisão, Administração, Pesquisa Operacional e Sistemas de Informação, no intuito de coadjuvar cientistas e estudantes a tornarem suas abordagens mais consistentes. O artigo ainda procura trazer luz a algumas definições importantes e propõe duas classificações: uma para os problemas espaciais e outra para os decisores.

DESENVOLVIMENTO

Sistemas geográficos

Sistema é um conjunto de componentes que interagem para um determinado fim. Sistema geográfico é uma estrutura em que alguns ou todos os seus componentes se expressam espacialmente, realizam comportamentos e produzem resultados (NETO, 2000). Tome-se como exemplo o sistema geográfico urbano ou o sistema geográfico de uma bacia de drenagem. No primeiro caso, podem-se identificar as casas, os lotes, as ruas, os sinais de trânsito, entre tantos outros, que possuem uma posição espacial e uma certa função no sistema. No segundo, os rios,

lagos, represas, florestas, e outros, também se manifestam geograficamente e podem ser associados ao sistema hidrológico da bacia.

Subsistema é um sistema cuja composição e estrutura são subconjuntos da composição e estrutura do sistema (WAND, 1996). Subsistemas geográficos podem ser derivados do que Chorley e Kennedy (1971) denominam de sistema morfológico e sistema em cascata.

Subsistema morfológico representa a porção reconhecível da realidade física como, por exemplo, o sistema viário de uma cidade, o sistema de rios numa bacia hidrográfica, o sistema de escolas de uma rede escolar estadual, o sistema de postos de saúde, entre outros. O subsistema em cascata representa o caminho percorrido pelo fluxo de massa ou energia quando esta se transfere de um componente do subsistema para outro (p.e. sistema [ou fluxo] de drenagem hídrica, sistema [ou fluxo] de trânsito, sistema climático, sistema elétrico). Neste caminho há armazenadores e reguladores que influenciam a circulação e podem ou não estar organizados em subsistemas. Por exemplo, o fluxo da água no sistema do ciclo hidrológico freqüentemente é analisado pelos hidrologistas como um conjunto de reservatórios. A água se transfere de um reservatório (p.e. solo) para outro (subsolo) a medida em que sua capacidade é superada.

Subsistema em cascata, mais dinâmico que o subsistema morfológico, captura o comportamento dinâmico da massa ou energia que circula pelo sistema geográfico. Nas aplicações de Geoprocessamento pode-se considerar ainda que o subsistema em cascata existe sempre associado ao subsistema morfológico. Tome-se como exemplo o fluxo de pessoas, automóveis, animais, insetos, ar, água, elétrons, como delineador do subsistema em cascata. O fluxo percorre trajetórias, limitadas por restrições, e que definem seu comportamento espacial. A dinâmica comportamental de uma cascata pode ser modelada matematicamente (MESAROVIC e TAKAHARA, 1975; VEMURI, 1978), sendo esta uma matéria de especialistas na área de aplicação. O modelo

matemático é um produto inteiramente subjetivo da mente do investigador, que tenta isolar partes do real e investigar como elas operam sob condições simplificadas (CHORLEY e KENNEDY, 1971). O modelo de um sistema em cascata é uma peça de representação útil, pois permite que a estrutura do sistema possa ser analisada matematicamente, de acordo com a qualidade de sua representação. O decisor pode explorar opções, avaliar impactos potenciais, experimentar estratégias e descobrir novo conhecimento (MATTHEWS, SIBBALD & CRAW, 1999). De acordo com POOCH & WALL (1993) e SIMON (1990) um modelo matemático também é útil para:

- i. Delimitação e definição do ambiente onde ocorre o problema;
- ii. Determinação do ambiente e componentes do sistema;
- iii. Previsão de comportamentos e auxílio ao planejamento de ações futuras;
- iv. Sintetização e avaliação de alternativas de solução;
- v. Avaliação do estado do sistema e realização de recomendações;
- vi. Documentação do processo de tomada de decisão;
- vii. Treinamento de não especialistas sobre o domínio do problema;
- viii. Controle operacional.

De acordo com NETO (2000), os componentes de um subsistema morfológico apresentam, pelo menos, três propriedades relevantes, para solução de problemas em Geoprocessamento:

- i. *Conformação ou geometria*: é a propriedade que descreve a estrutura da forma do componente;
- ii. *Posição*: é a situação do componente em relação a um referencial no domínio geográfico;
- iii. *Atributo*: é uma característica consignada ao componente por humanos.

Para componentes de subsistemas em cascata as propriedades são:

- i. *Insumo*: corresponde a massa ou energia que alimenta o componente e o estimula a realizar comportamento;
- ii. *Produto*: corresponde a massa ou energia resultante do comportamento do componente;
- iii. *Desempenho*: corresponde ao comportamento realizado pelo componente sobre a massa ou energia;
- iv. *Limite*: corresponde a reguladores internos do componente que condicionam seu comportamento;
- v. *Estrutura*: corresponde a níveis de desagregação do comportamento em sub-comportamentos.

Insumos e produtos podem ser do tipo pontual ou difuso. No pontual a massa ou energia se origina ou atinge pontos bem definidos do sistema geográfico (água que entra numa residência ou sai de um vertedor de uma barragem). No difuso a origem ou o destino do fluxo não é definido (poluentes agrícolas que atingem um rio).

Problema espacial

Problema se caracteriza quando há insatisfação gerada por diferença de estados. Aplicando-se às propriedades dos sistemas geográficos, tem-se que um problema espacial trata-se de uma insatisfação sobre o estado da conformação e/ou da posição de componentes de um sistema geográfico. Pode-se estender esta definição para as demais propriedades, desde que o componente do sistema geográfico tenha expressão espacial. Problemas em desempenho (Quadro 1) ocorrem quando o comportamento de um componente é insatisfatório. O desempenho de um subsistema em cascata é percebido e mensurado, em geral, pelo produto gerado. Isto significa que outros parâmetros podem ser utilizados para verificar o estado de um sistema. Esta metodologia é empregada em inúmeras áreas de aplicação e faz parte das simplificações necessárias para modelar o mundo real.

Solução *ótima* é aquela em que o estado desejado é plenamente atingido; caso contrário, a

solução é apenas *satisfatória*. Em geral, as soluções para problemas espaciais são do tipo *satisfatórias* porque o domínio espacial é especialmente complexo, devido à complexidade das variáveis de natureza geográfica, técnica,

organizacional, social e temporal, bem como de suas inter-relações (HENDRIKS e VRIENS, 1995). Variáveis geográficas são variáveis que se distribuem no espaço geográfico, como pH do

Quadro 1 - Exemplos de problemas espaciais em sistemas geográficos.

Propriedade	Problema Espacial
Subsistema Morfológico	
Conformação	Geometria de um rio, de uma vertente, de uma rua, de uma lavoura.
Posição	Ponto de venda, escola, posto policial, rio, rua, lavoura, estrada, túnel, tubulação, sítio arqueológico, poço artesiano.
Atributo	Zona de uma cidade, capacidade de tráfego de uma via, índice de porosidade de um solo, classe de um proprietário de lote, largura de um rio, profundidade de um lago, pavimento de uma rua, cultivar de uma lavoura, produtividade de uma lavoura, índice de poluição de água, temperatura do ar.
Subsistema em Cascata	
Insumo	Vazão de entrada em um bueiro, em uma planície de inundação ou em um reservatório de amortecimento, afluxo de pessoas a uma estação de metrô, volume de carga recebido por uma estação de tratamento de lixo ou aterro sanitário, afluxo de veículos numa via, consumo de água ou energia em uma região urbana, afluxo de correspondências a um posto de distribuição, afluxo de poluentes agrícolas em um rio, afluxo de invasores de terras.
Produto	Vazão de saída em um vertedor, erosão de solo, deslizamento de solo, produção de aves de um galpão, reprodução indesejada de flora ou fauna, produção mineral insatisfatória.
Desempenho	O decisor sabe que algo acontece, mas não sabe dizer exatamente porque. É o caso dos problemas ligados às áreas sociais e ambientais. O estado dos produtos é perceptível e mensurável, como a criminalidade de uma região, a mortalidade de peixes marinhos numa zona costeira ou uma série de alagamentos numa grande cidade.

solo, temperatura, zona urbana, entre outras. Variável de natureza técnica se refere ao conhecimento científico ou especialista que existe sobre a questão em pauta, associado ao aparato de suporte tecnológico. Parte de sua função é auxiliar no estabelecimento de critérios de avaliação e geração de alternativas de solução. Variáveis organizacionais se referem ao tipo de organização (pública ou privada), estrutura organizacional (instâncias de decisão), estrutura física, estrutura funcional, capacidade funcional e recursos disponíveis para solução do problema. A componente social da tomada de decisão inclui variáveis como número de decisores, estilo de decisão, nível de poder institucional e financeiro, interesses e acesso à informação, os quais podem introduzir a coexistência competitiva de objetivos no processo decisório. Por fim, há a possibilidade de que estas variáveis, incluindo as metas, não permaneçam estáveis ao longo do tempo.

Tomando-se como base conceitual o exposto nos parágrafos anteriores, os problemas espaciais podem ser classificados conforme o Quadro 2. Sua principal utilidade é sintetizar os objetos de análise em Geoprocessamento em apenas cinco categorias. Por exemplo, esta classificação pode ser utilizada como subsídio para análise e seleção do tipo e funcionalidades do Sistema de Informação Geográfica (SIG)¹ a ser implantado numa organização.

A influência do comportamento de um componente do sistema sobre outro componente é analisado nos problemas de interação. Neste caso, um problema ocorre quando um determinado comportamento é considerado

¹ Sistema geográfico se refere ao espaço geográfico, enquanto Sistema de Informação Geográfica se refere à tecnologia de banco de dados geográficos, com funcionalidades de suporte à decisão.

pernicioso a outros componentes do sistema. Estados do componente ativo, definidos a partir do seu comportamento, determinam estados do componente passivo. A decisão tem por objetivo, portanto, fazer com que o estado do indivíduo passivo seja restabelecido a níveis ótimos ou

satisfatórios. Ponto de estado é um conceito recente (NETO, 2000) introduzido para capturar o estado do desempenho de um sistema, num dado momento. O sistema deve estar suprido com um número de sensores, estrategicamente

Quadro 2 – Taxonomia de problemas espaciais.

Problema Espacial	Objetivos da Decisão Espacial	Exemplos	Observações
Localização	Introduzir ou extrair componentes do sistema.	Localizar poços artesianos, aterros sanitários, pontos de venda, depósitos, pontos de prestação serviços públicos ou privados.	
Alocação	Definir novos sistemas ou subsistemas.	Alocações para ocupação do solo urbano, uso do solo rural, uso da água e rotas.	É seguido de um conjunto de diretrizes que orientam o comportamento do subsistema em cascata associado.
Predição	Prever estado do sistema ou subsistemas.	Previsão de ocorrência de desastres naturais, de índices de desempenho organizacional, de degradação ambiental, de produção agrícola, de reprodução animal.	Estados futuros do sistema somente podem de ser previstos se o decisor dispor de modelo matemático qualificado do sistema real, e dados disponíveis para sua utilização.
Logística	Influenciar o comportamento dos componentes de um sistema.	Distribuição de mercadorias, encomendas, pessoas, cartas, logística militar.	
Interação	Interferir nas variáveis de estado de articulação.	Problemas ambientais causados por ações antrópicas.	Os elementos que compõem o sistema do meio ambiente natural são passivos diante das atividades humanas (agricultura, pesca, pecuária, obras de engenharia).

distribuídos no sistema, para que a mensuração ocorra. Por exemplo, se um sistema de software modela um sistema geográfico, então o programador pode prever variáveis, contadores, índices, e outros, que representem o estado do processamento num certo momento. De modo similar, sensores podem ser distribuídos no sistema de drenagem de uma bacia hidrográfica, no sistema de trânsito e assim por diante. Devido a complexidade dos problemas espaciais, os componentes do sistema que contribuem para desempenho não são facilmente identificados, o que frequentemente não ocorre com seu produto.

Processo decisório

Diante de problemas grandes e complexos, o decisor normalmente possui capacidades cognitivas limitadas. Seu julgamento depende de percepção, entendimento, racionalização, aprendizado, conhecimento e idéias. Decidir sobre problema espacial implica em realizar ponderações sobre o estado atual e sobre o estado desejado do sistema. Os requisitos mínimos para uma tomada de decisão responsável são conhecer o sistema, de tal forma a poder explicar seu comportamento, e contar

com alternativas qualificadas de solução. Tecnologias de suporte ao decisor, apoiadas em base científica sólida, passam a ter importância ímpar neste contexto.

Decisão é ato final de planejadores, gerentes e operadores oriundo de um processo, que visa solucionar um ou mais problemas em um domínio de aplicação. Da Ciência da Administração pode-se buscar amparo na metodologia de tomada de decisão de Simon (1960). Talvez pela sua simplicidade, é freqüentemente citada, pois captura a essência do processo decisório. Segundo ela, o decisor passa por três etapas fundamentais: inteligência, projeto, escolha.

Transpondo-se para o enfoque sistêmico e para o Geoprocessamento, na etapa de inteligência o decisor busca aprofundar seu conhecimento sobre o sistema geográfico onde o problema espacial incide, analisando seus componentes, suas propriedades respectivas e inter-relacionamentos.

O decisor investiga o sistema a fim de descrevê-lo e explicar seu comportamento, tão exatos quanto possível. Decisor necessita associar informações, buscar as causas para certos comportamentos relevantes, raciocinar, interpretar e aprender sobre o sistema. Estas atividades são fortemente dependentes da área de aplicação e exigem conhecimento especialista. O nível de aprofundamento dependerá da capacidade cognitiva do decisor e, fundamentalmente, de informação detalhada e qualificada sobre o sistema. Análises de sistemas geográficos tendem a exigir diferentes tipos de informação e, usualmente, em grande quantidade. Com auxílio de tecnologias de apoio, o decisor pode incrementar seus estudos através da comparação, decomposição, exame, exploração, revisão, agregação, dedução, generalização, sobreposição e cruzamento de informações.

Enquanto que a etapa de inteligência se caracteriza por ser essencialmente investigativa, a etapa de projeto se pauta pela busca da solução. Esta é uma atividade difícil e complexa, na qual o modelo matemático do sistema geográfico se constitui uma ferramenta útil. Sua função

essencial é oferecer ao decisor um ambiente virtual sobre o comportamento do sistema. Modelos matemáticos do sistema real ajudam a estimar as conseqüências da decisão e tranquilizá-lo quanto à qualidade da decisão a ser tomada. Experimentos preditivos do tipo "o acontece se", recorrência a metas e geração de cenários incrementam e dinamizam o processo de busca, contribuindo para a formulação de alternativas de solução mais consistentes.

A decisão é efetivamente tomada na etapa de escolha, em que três situações se distinguem: decisão sob certeza, decisão sob risco e decisão sob incerteza. Na primeira, as variáveis que afluem para o problema são bem conhecidas, a solução já é conhecida no início do processo decisório, particularmente nas situações em que o problema costuma ocorrer com freqüência. Estas características se manifestam quando o problema é bem definido, o que normalmente não é o caso dos problemas espaciais. Na segunda, não há garantias quanto as conseqüências da decisão, de modo que o decisor assume riscos dentro de parâmetros probabilísticos. Para Porto e Azevedo (1997) esta situação seria o que denominam de problema semi-estruturado, no qual o papel dos agentes (componentes do sistema) que concorrem para o problema não são claramente definidos, o ambiente das decisões é mal conhecido ou complexo, há carência de conhecimento especialista ou há critérios de decisão mal elaborados. Pelas características apontadas acima, pode-se definir que problemas espaciais tendem a ser semi-estruturados. A decisão sob risco é especialmente tomada para atender às circunstâncias, ou então adaptada para se ajustar a uma situação particular. Na decisão sob incerteza, as conseqüências da decisão não podem ser avaliadas numericamente devido a ausência de teoria relevante, que dê suporte à formulação do problema ou à geração de alternativas de solução. Por exemplo, o impacto da construção de uma grande barragem sobre a flora e fauna da área a ser inundada é difícil de ser quantificado, seja em termos determinísticos, seja em termos probabilísticos. Em quaisquer das três situações acima as alternativas de solução

podem ser assistidas por técnicas de escolha formal, baseadas em múltiplos critérios e/ou objetivos (LAARIBI, CHEVALLIER & MARTEL, 1996).

Níveis de decisão espacial

As decisões nas organizações usualmente são classificadas como de planejamento, de gerência ou de operação. Os decisores envolvidos com problemas espaciais estão, em regra, distribuídos nos níveis de planejamento e gerência. No planejamento, o decisor define políticas, estratégias, estrutura de tarefas e objetivos de médio a longo prazos, além de disponibilizar os recursos (financeiros, pessoal, equipamentos, espaço físico e tempo) necessários para que o problema espacial seja resolvido. Um exemplo seria resolver o problema de abastecimento de energia elétrica de uma região, através da construção de uma usina hidrelétrica e da rede de distribuição. Outro exemplo seria a reengenharia de um sistema de produção agrícola, com a finalidade de otimizar a preservação dos recursos naturais e aumentar a produtividade. O planejador também define a estrutura dos sub-níveis que deverão gerenciar as operações.

Decisores gerenciais cumprem metas de curto prazo, orientadas aos objetivos traçados no planejamento, procurando fazer o melhor uso dos recursos disponíveis. Gerentes tendem a passar por uma quantidade maior de processos decisórios do que os planejadores, para um mesmo objetivo final. Tome-se como exemplo os gerentes de atividades agrícolas, cuja função é garantir produção, produtividade e lucro. Médias e grandes propriedades rurais tendem a diversificar a produção, que assim fica distribuída espacialmente em diferentes regiões. Diversos subsistemas podem ser identificados, sendo que o gerente, em geral, deve decidir sobre todos eles.

O decisor operacional realiza inúmeras decisões sobre implementação prática das decisões gerenciais. O nível operacional se caracteriza por ações rotineiras, repetitivas, bem estruturadas. A principal utilidade das

tecnologias de suporte à decisão, neste nível, reside na disponibilização e apresentação da informação, para as quais o decisor operacional tem acesso através de ferramentas consultas.

Sistemas de apoio à decisão espacial

Na dimensão tecnológica, o computador é auxiliar capaz de representar o sistema geográfico, além de oferecer ferramentas ao decisor, suficientes para decisões qualificadas. Sistema de Apoio à Decisão (SAD) são sistemas de informação com capacidade de gerenciar dados, modelos matemáticos, relatórios e prover interfaces amigáveis com o decisor (SAGE, 1991, SPRAGUE JR. e WATSON, 1991). Este conceito surgiu da necessidade de se prover ferramentas computacionais com capacidade de ajudar o decisor nas solução de problemas grandes, complexos e semi-estruturados. Arquiteturas mais avançadas incluem Agentes Inteligentes (RODRIGUES e RAPER, 1997), Banco de Conhecimento e Interfaces Adaptativas (FAZLOLLAHI, PARIKH e VERMA, 1997).

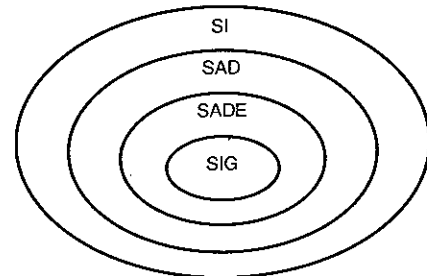


Figura 1 - Disciplinas de suporte à decisão (SI: sistema de informação; SAD: sistema de apoio à decisão; SADE: sistema de apoio à decisão espacial; SIG: sistema de informação geográfica).

Há mais de 40 anos SAD tem sido tratado nas Ciências da Administração, Gerência, Pesquisa Operacional e Economia, nas quais as propriedades espaciais conformação e posição não compõem o aparato das variáveis decisórias, pois focalizam sobre subsistema em cascata dissociado do subsistema morfológico. Coordenadas geográficas (posição) ou dados de geometria (ponto, linha ou polígono) não se

constituem em critérios de decisão, ou mesmo são irrelevantes em quaisquer etapas do processo decisório (MANIEZZO, MENDES, e PARUCCINI, 1998). Do subsistema morfológico o interesse se restringe aos atributos das entidades espaciais, como a extensão de uma ou mais vias de um sistema de distribuição de mercadorias, a capacidade de tráfego de uma ponte, o tempo de abertura de um sinal de trânsito, a área de uma lavoura de milho, a declividade de uma encosta, entre outros essencialmente não espaciais como a capacidade de produção de uma máquina ou operário, capacidade de transporte de uma classe de caminhões, tempo para executar uma tarefa, lucro, custo unitário, e assim por diante.

Sistemas de apoio à decisão espacial (SADE) são sistemas SAD, de onde deriva a teoria, com funcionalidades para lidar com a componente espacial (DENSHAM, 1991). As estratégias mais comuns para construção de SADE envolvem a utilização de SIG, como

software principal, com capacidades estendidas derivadas da teoria em SAD. Basicamente, sistemas SIG são aptos para modelar, armazenar, manipular e apresentar dados de posição, conformação, atributos e relacionamentos espaciais, sobre a parcela física do sistema geográfico (LAURINI e THOMPSON, 1992; RIZZOLI, DAVIS e ABEL, 1998). Representar o comportamento dinâmico não faz parte de suas habilidades nativas, sendo necessário o desenvolvimento de programas aplicativos complementares. De fato, observa-se na prática que os principais SIG do mercado trazem consigo funções de extensibilidade. Seu papel é disponibilizar mecanismos, para que as funcionalidades básicas sejam complementadas ou adequadas às necessidades da área de aplicação (SUI e MAGGIO, 1999, WELLAR; CAMERON e SAWADA, 1994).

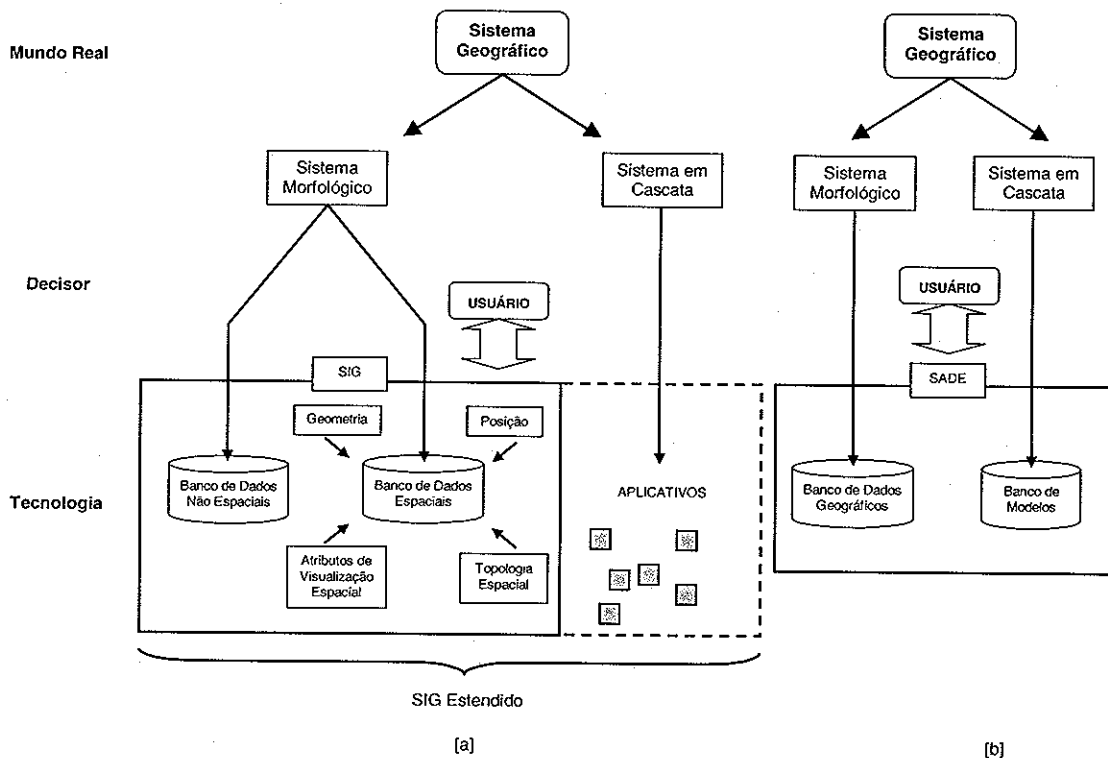


Figura 2 – Captura de sistemas geográficos por tecnologias de apoio à decisão espacial. [a] Sistema de informação geográfica estendido, [b] Sistema de apoio à decisão espacial.

Talvez a maior novidade para aqueles que convivem com Geoprocessamento esteja na componente Banco de Modelos (BM), integrante natural de um SADE. O BM é o componente que armazena os modelos matemáticos que representam o comportamento dinâmico do subsistema em cascata. Se, por um lado, há uma variedade extensa de software de gerenciamento de bancos de dados geográficos, por outro, gerenciadores de modelos existem em número bastante reduzido. No campo do Geoprocessamento esta constatação é ainda mais evidente.

Interação entre decisor e tecnologia de suporte

Observando-se a utilização prática de sistemas de suporte à decisão, duas situações se destacam (Figura 3). O decisor direto toma decisões como operador do SADE, podendo ou não possuir conhecimento especialista na área de aplicação. É alta a frequência das decisões, característica das atividades operacionais. No nível organizacional, o decisor direto pode não ser o principal responsável pelas escolhas, que resultarão na solução do problema. Isto de forma alguma o descaracteriza como decisor, já que o conteúdo dos relatórios, efetivamente, dependerá de seu julgamento. Uma vez dispondo das alternativas disponíveis, o decisor direto pode realizar a seleção formal da melhor alternativa ou então passá-las adiante, na forma de relatórios, para o decisor indireto.

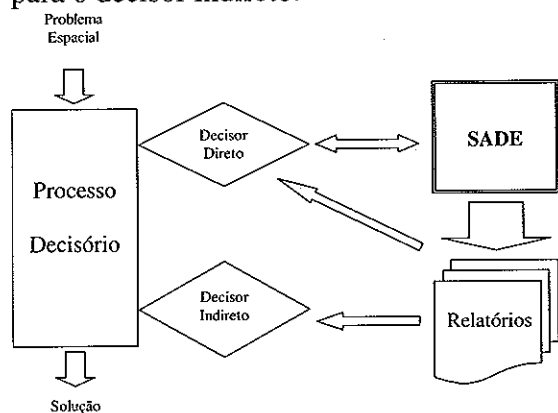


Figura 3 – Categorias de decisores quanto aos níveis de interação com o computador.

O decisor indireto não opera o SADE, mas interage com este através dos produtos preparados pelo decisor direto. A decisão indireta é baseada em relatórios que traduzem as saídas que a tecnologia gerou. O decisor indireto é aquele que está preocupado apenas em escolher a solução final que deverá ser implementada no sistema geográfico. Se as alternativas geradas não o satisfizerem, então o decisor direto deverá prover novos produtos. Embora o decisor direto possa também selecionar a solução final, parece pouco provável que planejadores de alto nível nas organizações dediquem-se a tarefas muitas vezes tediosas e demoradas de analisar, sintetizar, explanar e prever sobre quantidades maciças de dados geográficos. Espera-se que equipes de apoio realizem estas funções e conduzam ao decisor indireto o essencial para sua tomada de decisão.

CONCLUSÕES

Este artigo procurou congregiar conceitos dos campos da Teoria de Sistemas, Teoria da Decisão, Administração, Pesquisa Operacional e Sistemas de Informação, sedimentar algumas definições e propor classificação para problemas espaciais e para decisores, com intuito de subsidiar a teoria no campo do Geoprocessamento.

A abordagem mostrou que a meta essencial do Geoprocessamento é prover suporte ao ser humano, auxiliando-o durante o processo de tomada de decisão, com vistas à solução de problemas espaciais.

Problemas de localização, alocação, predição, logística e interação costumam ser grandes, porque envolvem diversos componentes do sistema geográfico; complexos, porque há pouco conhecimento sobre as inúmeras variáveis que os articulam e mal estruturados, porque pouco se sabe sobre a influência de cada componente na manifestação do problema. Por isto, o Geoprocessamento, através dos Sistemas de Apoio à Decisão Espacial, exerce papel fundamental no processo decisório, fornecendo informação atual e exata, ferramentas de

manipulação, análise e visualização, ferramentas para simulação de soluções e avaliação de impactos potenciais, bem como dispositivos de escolha formal de alternativas.

A tarefa de decidir está associada a uma estrutura organizacional, em que pode haver um ou mais decisores sobre o assunto, cada qual exercendo seu papel no nível de planejamento, de gerência ou de operação. Decisor direto é aquele que interage ou opera a tecnologia de apoio. Decisor indireto é aquele que interage apenas com relatórios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHORLEY, R.; KENNEDY, B. **Physical geography: a systems approach**. London: Prentice-Hall, 1971. 370p.

DENSHAM, P. Spatial decision support systems. In: MAGUIRE, D. J., GOODCHILD, M. F., RHIND D. W. **Geographical Information Systems: principles and applications**. New York: Longman, 1991. v.1, p.403-412.

EIERMAN, M. A.; NIEDERMAN, F.; ADAMS, C. DSS theory: a model of constructs and relationships. **Decision Support Systems**, v.14, p. 1-26, 1995.

FAZLOLLAHI, B., PARIKH, M. A.; VERMA, S. Adaptive decision support systems. **Decision Support Systems**, v.20, 297-315, 1997.

HENDRIKS, P.; VRIENS, D. Collaborative exploration of spatial problems. In: DENSHAM, P.J., ARMSTRONG, M., KEMP, K. **Collaborative spatial decision-making**. Research Initiative 17. Report For The Specialist Meeting. London, NCGIA, 1995. Acesso em: <<http://ncgia.ucsb.edu/research/il7/htmlpapers/hendriks/Hendriks.html>>

LAARIBI, A.; CHEVALLIER, J.; MARTEL, J. A spatial decision aid: a multicriterion evaluation

approach. **Computers, Environment and Urban Systems**, v.22, p.351-366, 1996.

MANIEZZO, V.; MENDES, I.; PARUCCINI, M. Decision support for sitting problems. **Decision Support Systems**, v.23, p.273-284, 1998.

MATTHEWS, K. B., SIBBALD, A. R.; CRAW, S. Implementation of a spatial decision support system for rural land use planning: integrating geographic information system and environmental models with search and optimization algorithms. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.23, p.9-26, 1999.

MESAROVIC, M. D.; TAKAHARA, Y. **General system theory: mathematical foundations**. New York: Academic Press, 1975. 268p.

NETO, S. L. R. **Um modelo conceitual de sistema de apoio à decisão espacial para gestão de desastres por inundações**. 2000. 231p. Tese (Doutorado em Engenharia – Geoprocessamento) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

NETO, S. L. R. **Análises morfométricas em bacias hidrográficas integradas a um sistema de informações geográficas**. 1994. 167p. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) - Departamento de Geociências, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

NETO, S. L. R.; DALMOLIN, Q.; ROBBI, C. **Bancos de dados em sistemas de informações geográficas**. Curitiba: Editora da UFPR, 1994. 89p.

NETO, S.; RODRIGUES, M. A taxonomy of strategies for developing spatial decision support systems. In: WOJTKOWSKI, W.; WOJTKOWSKI, W.G.; WRYCZA, S.; ZUPANCIC, J. **Systems development methods for databases, enterprise, modelling, and workflow management**. New York: Kluwer Academic/Plenum, 2000. p.139-155.

POOCH, U. W.; WALL, J. A. **Discrete event simulation: a practical approach**. Boca Raton, Florida: CRC Press, 1993. 412p. (Computer Engineering Series) .

PORTO, R. L. L.; AZEVEDO, L. G. T. Sistemas de suporte a decisões aplicados a problemas de recursos hídricos. In: PORTO, R. L. L. **Técnicas quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos**. Porto Alegre: UFRGS-ABRH, 1997. p.43-95.

LAURINI, R.; THOMPSON, D. **Fundamentals of spatial information systems**. London: Academic Press, 1992. 680p.

RIZZOLI, A.; DAVIS, J.; ABEL, D. Model and data integration and re-use in environmental decision support systems. **Decision Support Systems**, v.24, p.127-144, 1998.

RODRIGUES A.; RAPER J. **Defining spatial agents**. 1997. Disponível em: <<http://helios.cnig.pt/~armanda/html/Livro.html>>

SAGE, A. **Decision support systems engineering**. New York: Willey & Sons, 1991. 344p.

SIMON, H. A. **The new science of management decision**. New York: Harper, 1960. 50p.

SIMON, H.A. Prediction and prescription in systems modeling. **Operations Research**, v.38, p.7-14, 1990.

SPRAGUE JR., R. H.; WATSON, H. J. **Sistema de Apoio à Decisão: colocando a teoria em prática**. Rio de Janeiro: Campus, 1991. 498p.

SUI, D.; MAGGIO, R. Integrating gis with hydrological modeling: practices, problems, and prospects. **Computers, Environment and Urban Systems**, v.23, p.33-51, 1999.

VEMURI, V. **Modeling of complex systems: an introduction**. New York, Academic Press, 1978. 448p.

WAND, Y. Ontology as a foundation for meta-modeling and method engineering. **Information and Software Technology**, v.38, p.281-287, 1996.

WELLAR, B.; CAMERON, N.; SAWADA, M. Progress in building linkages between gis and methods and techniques of scientific inquiry. **Computers, Environment and Urban Systems**, v.18, p.67-80, 1994.